

С. Ю. Шаманин, В. Л. Блинов, И. Ю. Горюнова

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

shamain0090@gmail.com, vithomukyn@mail.ru, i.i.goriunova@urfu.ru

ВЕРИФИКАЦИЯ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ОБТЕКАНИЯ ПОТОКОМ ВОЗДУХА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ S809 ДЛЯ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРЯНОЙ ТУРБИНЫ

В настоящей работе представлено моделирование турбулентного потока вокруг аэродинамического профиля ветряной турбины. Описаны результаты моделирования течения, получены характеристики коэффициента подъемной силы, силы сопротивления и коэффициента момента при разных углах атаки.

Ключевые слова: энергопотребление; возобновляемые источники энергии; экологически чистый источник энергии, ветряная турбина, аэродинамика профиля.

S. Yu. Shamanin, V. L. Blinov, I. Yu. Goryunova

Ural Federal University, Ekaterinburg

VERIFICATION OF A NUMERICAL MODEL WITH A FLOW OF AIR AERODYNAMIC PROFILE S809 FOR WIND TURBINE BLADES

In this paper, we use turbulent flow models around the aerodynamic profile of a wind turbine. The results of modeling the flow are described, and the characteristics of the lifting force coefficients, drag forces, and moment coefficients at different angles of attack are obtained.

Key words: energy consumption; renewable energy sources; environmentally friendly energy source, wind turbine, profile aerodynamics.

Жизнь человека сегодня невозможно представить без энергии. Улучшение условий жизни, увеличение ее продолжительности, удовлетворение потребностей – все это требует затрат энергии.

Каждый новый жизненный этап человечества характеризуется открытием новых методов получения энергии. Люди постоянно находятся в поисках новых источников энергии, наращивая объемы потребления. Однако, побочные продукты энергетической отрасли оказывают существенное влияние на здоровье людей и окружающую среду [1]. Вследствие этого все более привлекательным становится использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Одним из перспективных направлений в области ВИЭ являются ветряные турбины. Данное направление относительно быстро развилось в Китае, США, Германии, Испании и только начинает зарождаться в России.

Основной целью данного исследования является разработка и развитие конкурентоспособных отечественных ветряных турбин с использованием обширного опыта, накопленного в области проектирования и совершенствования традиционных газотурбинных и паротурбинных установок.

Важнейшим этапом проектирования лопастей ветряной турбины является двумерное моделирование течения вокруг профиля при разных углах атаки, получение его газодинамических характеристик (C_l – коэффициента подъемной силы, C_d – коэффициента сопротивления и C_m – коэффициента крутящего момента при разных углах атаки), а также верификация построенной численной модели.

В качестве объекта исследования был выбран аэродинамический профиль S809. (рис. 1). Данный профиль был разработан Национальной лабораторией возобновляемой энергии (NREL).

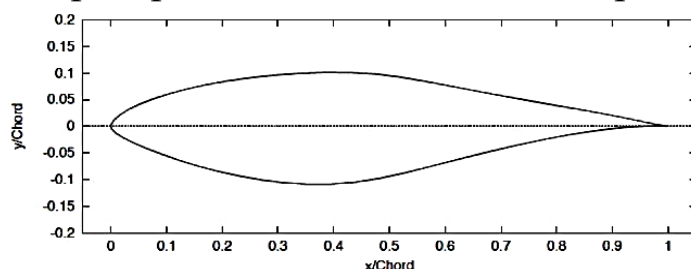


Рис. 1. Безразмерные координаты аэродинамического профиля NREL S809

Для построения геометрической модели использовались данные, представленные в [2, 3]. В качестве примера на рис. 2 изображена геометрическая модель аэродинамического профиля S809. С

помощью созданной геометрической модели была создана её конечно-элементная модель, в которой проводится исследование.

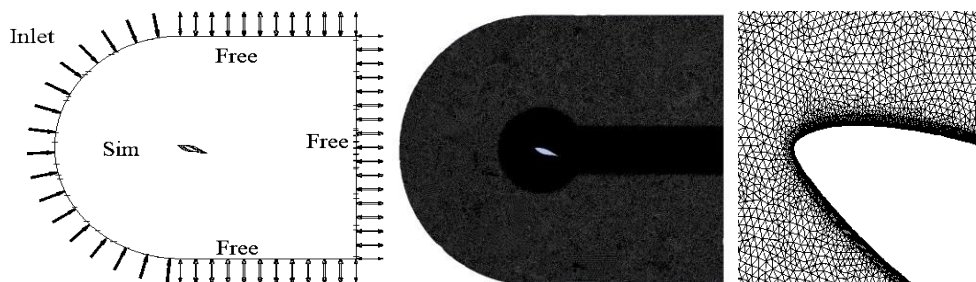


Рис. 2. Пример построения численной модели и сетки для аэродинамического профиля

Схема задания граничных условий для исследуемой геометрии показана на рис. 2. На поверхности «Inlet» задавались условия входа рабочего тела (Air Ideal Gas), а именно полная температура, равная 293 К, и скорость 15,17 м/с. На поверхности «Free», через которую рабочее тело выходит из расчетной области, задавалось значение Open, а именно – статическое давления. На поверхностях «Sim» обоим типом задавалось условие Symmetry. Сравнение результатов моделирования обтекания аэродинамического профиля с результатом эксперимента представлено на рис. 3.

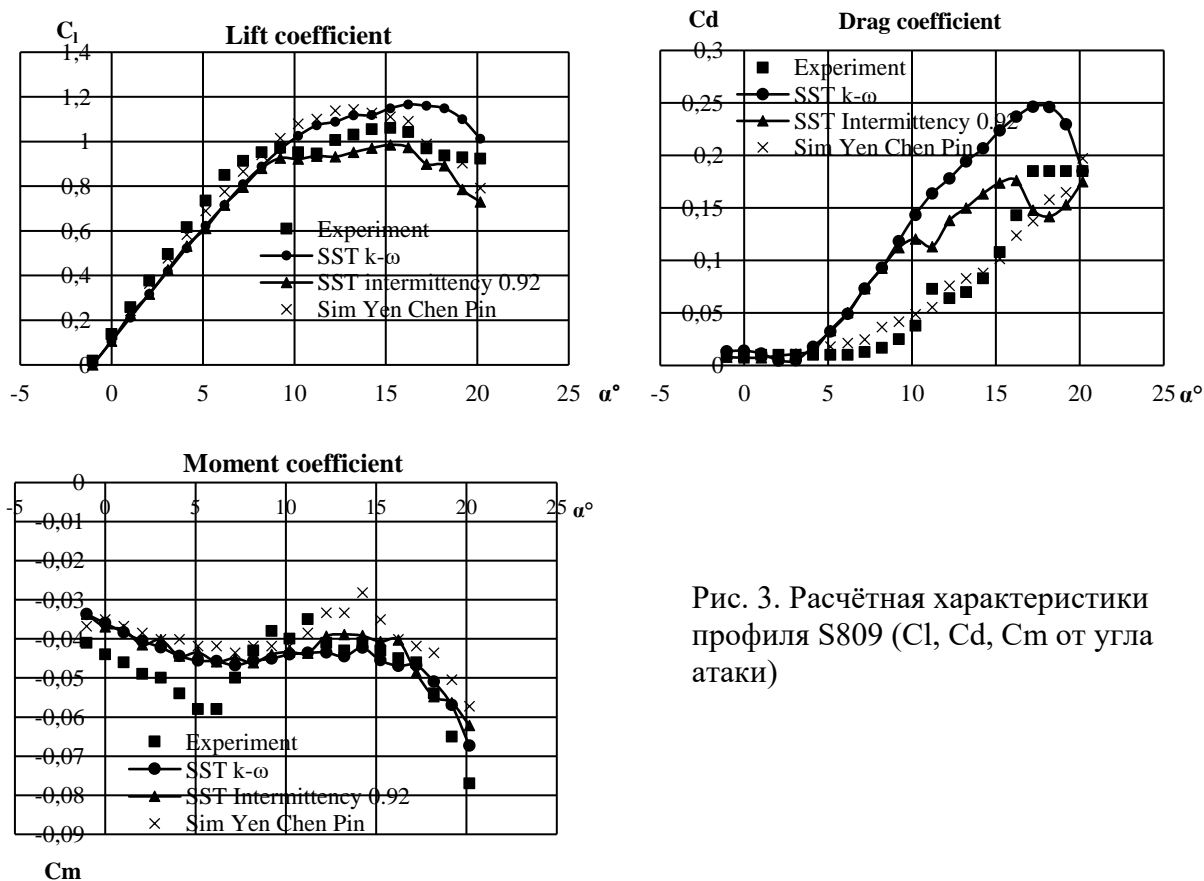


Рис. 3. Расчётная характеристики профиля S809 (C_l , C_d , C_m от угла атаки)

В результате проведенных расчетов было выявлено, что модель турбулентности $k-\varepsilon$ не подходит для решения отрыва потока, в отличие от модели турбулентности SST. После отрыва (угол атаки $> 8^\circ$) анализ стационарного состояния больше не подходит для решения поля потока, поэтому к модели турбулентности была добавлена перемежаемость (Intermittency), равная 0,92, которая приводит к некоторым колебаниям на графиках. На основании анализа данных исследования получено, что расчет с перемежаемостью, равной 0,92, является более точным, т. к. с помощью этого параметра удалось повторить характер кривой, полученной в результате эксперимента.

В проведенном исследовании был выбран тип модели турбулентности, которая должна использоваться для наилучшего прогнозирования характеристик. Результаты показали, что обе модели турбулентности хорошо работают при малых углах атаки, но модель SST $k-\omega$ работает намного лучше при больших углах атаки, когда происходит разделение потока. На основании полученных данных был создан лабораторный стенд для исследования обтекания лопастей ветряной турбины. Дальнейшим направлением исследования является постановка трехмерной задачи, с турбиной NREL Phase VI, аналогично тому, как это было проделано в [4].

Список использованных источников

1. Экологическая политика предприятия : пример [Электронный ресурс]. URL: <https://library.fsetan.ru/doc/ekologicheskaya-politika-predpriyatiya-obrazets/> (дата обращения: 20.11.2019).
2. A Study of the Aerodynamic Behavior of a NREL Phase VI Wind Turbine Using the CFD Methodology / Yen-Pin Chen [Электронный ресурс]. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Study-of-the-Aerodynamic-Behavior-of-a-NREL-Phase-Chen/86bf21aafa4eae35ca2fc7c37f2a4b7da3be6db5> (дата обращения: 20.11.2019).
3. CFD-RANS Study of Horizontal Axis Wind Turbines / C. E. Carcangiu [Электронный ресурс]. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/CFD-RANS-Study-of-Horizontal-Axis-Wind-Turbines-Carcangiu/53cff48350fe9cb346a6b0e6c6f0802aed46fc65> (дата обращения: 20.11.2019).
4. Шаманин С. Ю., Блинов В. Л. Моделирование течения вокруг ветряной турбины // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика : материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящ. памяти проф. Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений (Екатеринбург, 10–14 декабря 2018 г.). Екатеринбург : УрФУ, 2018. С. 770–773.